

TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK SORBITOL DARI GLUKOSA
DENGAN PROSES HIDROGENASI KATALITIK
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



Oleh :

- | | |
|------------------------|-----------|
| 1. Alfa Tegar Augusta | I 0512006 |
| 2. Janu Ganang Prakoso | I 0512030 |

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK SORBITOL DARI GLUKOSA DENGAN PROSES HIDROGENASI KATALITIK KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Oleh:

Alfa Tegar Augusta

I0512006

Janu Ganang Prakoso

I0512030

Pembimbing II



Inayati, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19710829 199903 2 001

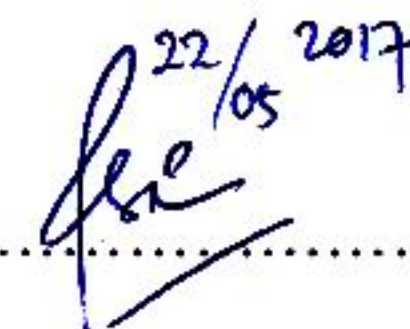
Pembimbing I



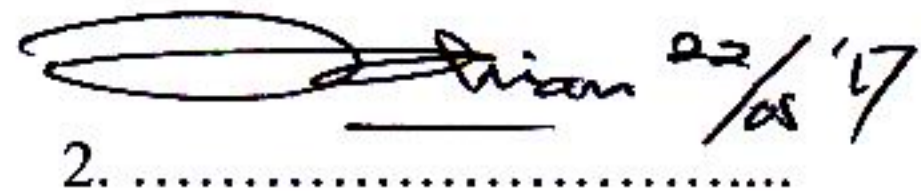
Muntahid Kaavessina, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19790924 200312 1 002 22/5

Dipertahankan di depan tim penguji:

1. Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.
NIP 19740509 200003 2 002

1.  22/05 2017

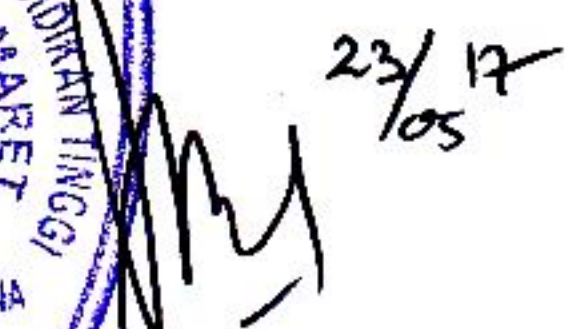
2. Dr. Adrian Nur, S.T., M.T.
NIP 19730108 200012 1 001

2.  22/05 '17

Disahkan,

Kepala Program Studi Sarjana Teknik Kimia
Universitas Sebelas Maret



 23/05 17
Dr. Margono, S.T., M.T.
NIP 19681107 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena kasih dan karunia-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Sorbitol dari Glukosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Kapasitas 30.000 ton/tahun”. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis memperoleh banyak bantuan baik berupa dukungan moral maupun material dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga atas dukungan doa, materi, dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
2. Bapak Mujtahid Kaavesinna, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Inayati, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan bantuannya dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Margono, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Sarjana Teknik Kimia.
4. Seluruh dosen, laboran, dan staf administrasi Program Studi Sarjana Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
5. Melani, Marlyn, Puput, Meytha, Endah, Dewi, Vesa, Probo dan teman-teman Teknik Kimia angkatan 2012 lainnya, teman-teman PMKT, PMKU dan PMKS yang telah menjadi partner pelayanan selama kuliah. Riris dan Sarah yang selalu setia mendukung dalam doa dan semangat.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
INTISARI.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2 Kapasitas Rancangan	2
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	5
1.4 Alasan Pemilihan Proses.....	7
BAB II DESKRIPSI PROSES	16
2.1 Spesifikasi Bahan Baku, Katalis, dan Produk	16
2.2 Konsep Proses.....	17
2.3 Langkah Proses	22
2.4 Tahapan Proses	26
2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas	28
2.6 Lay Out Peralatan dan Pabrik.....	34
BAB III SPESIFIKASI ALAT PROSES	39
3.1 Reaktor.....	39
3.2 <i>Mixer</i>	40
3.3 Separator	41
3.4 Evaporator.....	41
3.5 <i>Heat Exchanger</i>	42
3.6 <i>Heater</i>	43
3.7 <i>Cooler</i>	44
3.8 Kompresor	45
3.9 Pompa	46

3.10 <i>Expansion Valve</i>	47
3.11 Tangki Glukosa.....	48
3.12 Tangki Sorbitol	49
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM	50
4.1 Unit Pendukung Proses.....	50
4.2 Unit Pengolahan Limbah	68
4.3 Laboratorium	69
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	73
5.1 Bentuk Perusahaan.....	73
5.2 Struktur Organisasi	74
5.3 Tugas dan Wewenang.....	77
5.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	84
5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah.....	86
5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	86
5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan	89
BAB VI ANALISA EKONOMI.....	90
6.1 Penaksiran Harga Peralatan	90
6.2 Dasar Perhitungan.....	91
6.3 Penentuan Total Capital Investment (TCI).....	92
6.4 Biaya Produksi Total	94
6.5 Analisa Kelayakan	96
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A DATA SIFAT FISIS	
LAMPIRAN B NERACA MASSA	
LAMPIRAN C NERACA PANAS	
LAMPIRAN D PERANCANGAN REAKTOR	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Impor Sorbitol di Indonesia	5
Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik.....	7
Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif	23
Gambar 2.2 Diagram Alir Kuantitatif	24
Gambar 2.3 Diagram Alir Proses	25
Gambar 2.4 Skema Arus di <i>Mixer</i> M-01.....	28
Gambar 2.5 Skema Arus di Reaktor R-01	29
Gambar 2.6 Skema Arus di Separator S-01	29
Gambar 2.7 Skema Arus di Evaporator EV-01.....	30
Gambar 2.8 Skema Arus di Tee-01	31
Gambar 2.9 Skema Arus di Tee-02.....	31
Gambar 2.10 Tata Letak Peralatan Proses	35
Gambar 2.11 Tata Letak Pabrik	38
Gambar 4.1 Diagram Alir Kebutuhan Air.....	51
Gambar 4.2 Skema Pengolahan Air Umpan Boiler	59
Gambar 4.3 Skema Unit Pengolahan Limbah (UPL).....	67
Gambar 5.1 Struktur Organisasi Pabrik	76
Gambar 6.1 Chemical Engineering Cost Index.....	91
Gambar 6.2 Grafik analisa kelayakan pabrik.....	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kebutuhan Sorbitol di Indonesia Berdasarkan Data Impor	2
Tabel 1.2 Kebutuhan Sorbitol di Jepang Berdasarkan Data Impor.....	3
Tabel 1.3 Pabrik Sorbitol di Dunia	4
Tabel 1.4 Pabrik Sorbitol di Indonesia.....	4
Tabel 1.5 Perbandingan Proses	9
Tabel 2.1 Data Entalpi Reaksi Standar pada 298 K	18
Tabel 2.2 Nilai ΔG° Komponen pada 298 K	19
Tabel 2.3 Neraca Massa Total.....	28
Tabel 2.4 Neraca Massa di Sekitar <i>Mixer</i> M-01	28
Tabel 2.5 Neraca Massa di Sekitar Reaktor R-01	29
Tabel 2.6 Neraca Massa di Sekitar Separator S-01	30
Tabel 2.7 Neraca Massa di Sekitar Evaporator EV-01	30
Tabel 2.8 Neraca Massa di Tee-01	31
Tabel 2.9 Neraca Massa di Tee-02.....	31
Tabel 2.10 Neraca Panas di <i>Mixer</i> M-01	32
Tabel 2.11 Neraca Panas di Reaktor R-01	32
Tabel 2.12 Neraca Panas di Separator S-01	32
Tabel 2.13 Neraca Panas di Evaporator EV-01	33
Tabel 2.14 Neraca Panas di Tee-01.....	33
Tabel 2.15 Neraca Panas di Tee-02.....	33
Tabel 4.1 Kebutuhan Air Pendingin	55
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi	56
Tabel 4.3 Kebutuhan Air Umpan Boiler	58
Tabel 4.4 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas.....	62
Tabel 4.5 Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan.....	63
Tabel 4.6 Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	65
Tabel 4.7 Total Kebutuhan Bahan Bakar Pabrik	66
Tabel 5.1 Perincian Jumlah Karyawan Produksi	80
Tabel 5.2 Perincian Jumlah Karyawan Utilitas.....	80

Tabel 5.3 Jadwal Pembagian Kelompok Shift	85
Tabel 5.4 Jumlah Karyawan Menurut Jabatan.....	87
Tabel 5.5 Perincian Golongan dan Gaji Karyawan.....	88
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat	91
Tabel 6.2 Modal Tetap	93
Tabel 6.3 Modal Kerja	93
Tabel 6.4 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	94
Tabel 6.5 <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	94
Tabel 6.6 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	95
Tabel 6.7 <i>General Expense (GE)</i>	95
Tabel 6.8 Analisa Kelayakan	97

INTISARI

Alfa Tegar Augusta, Janu Ganang Prakoso, 2017, Prarancangan Pabrik Sorbitol dari Glukosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Kapasitas 30.000 ton/tahun. Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sorbitol digunakan sebagai pemanis makanan, pelembab, bahan baku pasta gigi, vitamin C, dan bahan baku industri kimia lain. Untuk pemenuhan kebutuhan sorbitol di dalam negeri dan dunia, maka direncanakan pendirian pabrik sorbitol dari glukosa. Pabrik sorbitol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan didirikan di daerah Kendal, Kabupaten Semarang dengan luas 3.774 m².

Produk yang dihasilkan adalah sorbitol cair dengan kemurnian 70%. Bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg produk adalah 1,65 kg larutan glukosa 40%-berat, 0,0077 kg hidrogen (kemurnian 99,9%), dan 0,0827 kg air. Proses produksi juga menyisakan air sebanyak 0,7439 kg/kg produk yang dapat digunakan kembali sebagai air proses. Proses diawali dengan pengenceran larutan glukosa menggunakan air menjadi 40%-berat. Larutan glukosa kemudian dicampur dengan gas hidrogen dengan perbandingan mol 1:33. Campuran selanjutnya masuk ke dalam reaktor *trickle bed* yang berisi katalis *Raney nickel* pada suhu operasi 130-153 °C dan tekanan 60 atm untuk menghidrogenasi glukosa menjadi sorbitol dengan konversi 99,8%. Larutan sorbitol dipisahkan dari gas hidrogen menggunakan separator dan dipekatkan menggunakan evaporator menjadi 70%-berat dan disimpan dalam tangki untuk kemudian didistribusikan ke konsumen.

Utilitas pabrik, antara lain listrik sebesar 0,0561 kWh/kg produk disuplai dari PLN. Kebutuhan air proses dan pendingin sebanyak 0,4792 l/kg produk disuplai dari PDAM. *Steam* sebesar 0,8533 kg *steam*/kg produk bersuhu 150 °C (4,7 atm). Kebutuhan udara tekan 0,0264 m³/kg produk dengan tekanan 4 atm (35 °C). *Industrial Diesel Oil* sebagai bahan bakar dibutuhkan sebanyak 0,0995 l/kg produk.

Bentuk perusahaan dipilih Perseroan Terbatas (PT), struktur organisasi *line and staff*, dan sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari karyawan *shift* dan non *shift*.

Pabrik direncanakan mulai dikonstruksi 2018 dan beroperasi pada 2020. Harga bahan baku glukosa \$ 0,46/kg produk, hidrogen \$ 0,028/kg produk, katalis *Raney nickel* \$ 0,0001665/kg produk, air \$ 0,0000674/kg produk. Produk dijual dengan harga \$ 0,98/kg. Modal tetap pabrik sebesar Rp 53.591.975.640 dan biaya produksi total sebesar Rp 355.092.674.823. Analisis kelayakan menunjukkan bahwa ROI sebelum pajak 66,42%, setelah pajak 49,82%, POT sebelum dan sesudah pajak adalah 1,31 tahun dan 1,67 tahun, BEP 46,49% dan SDP 36,02%. Sedangkan DCF sebesar 24,15%. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa pabrik sorbitol dari glukosa dengan proses hidrogenasi katalitik kapasitas 30.000 ton/tahun layak didirikan.

ABSTRACT

Alfa Tegar Augusta, Janu Ganang Prakoso, 2017, Preliminary Design Sorbitol Plant from Glucose Using Catalytic Hydrogenation Process 30,000 tons/year Capacity, Bachelor Degree of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University.

Sorbitol is used as food sweetener, moisturizer, ingredient of tooth paste, vitamin C, and raw material for other chemical product. To meet the needs of sorbitol in the country and the world, therefore the establishment of sorbitol plant from glucose is planned. Sorbitol plant with a capacity of 30,000 tons / year is planned to be established in Kendal area, Semarang regency with an area of 3,774 m².

The final product is a liquid sorbitol with a purity of 70%-w. The raw materials required to produce 1 kg of product are 1.65 kg 40%-w glucose solution, 0.0077 kg of hydrogen (99.9% purity), and 0.0827 kg of water. The production process also leaves water at an amount of 0.7439 kg/kg product that can be recycled as process water. The process begins with dilution of glucose solution using water to produce 40%-w glucose solution. The glucose solution is then mixed with hydrogen gas at a mole ratio of 1:33. The mixture subsequently enters the trickle bed reactor containing Raney nickel catalyst at an operating temperature of 130-153 °C and a pressure of 60 atm to hydrogenate glucose into sorbitol with a 99.8% conversion. The sorbitol solution is separated from the hydrogen gas in the separator and then concentrated using an evaporator to be 70%-weight and stored in the tank to be distributed to the consumer.

Plant utilities, such as electricity of 0.0561 kWh/kg product is supplied by PLN. Needs of process and cooling water as much as 0.4792 l/kg product is supplied by PDAM. Needs of steam is 0.8533 kg steam/kg product with temperature 150 °C (4.7 atm). The compressed air requirement is 0.0264 m³/kg product at pressure of 4 atm (35 °C). Industrial Diesel Oil as fuel is required as much as 0.0995 l/kg product.

The company management is a Limited Liability Company (Perseroan Terbatas) with line and staff organizational structure. Employees work system based on the division of working hours consisting of shift and non shift employees.

The plant is planned to begin construction in 2018 and operate in 2020. Price of raw material for glucose is \$ 0.46/kg product, hydrogen is \$ 0.028/kg product, Raney nickel catalyst is \$ 0.0001665/kg product, and \$ 0.0000674/kg product for water. The product sells for \$ 0.98/kg. The factory fixed capital investment is Rp 53,591,975,640 and the total production cost is Rp 355,092,674,823. Feasibility analysis showed that ROI before tax 66.42%, after tax 49.82%; POT before and after tax is 1.31 year and 1.67 year; BEP 46.49% and SDP 36.02%. While the DCF is 24.15%. The results of the economic evaluation show that the sorbitol plant from glucose using catalytic hydrogenation process with 30,000 tons/year capacity is feasible to establish.